

駅男子トイレにおける不快臭の発生源探索と低減対策の効果検証

京谷 隆* 川崎 たまみ* 亀田 暁子** 上田 剛***

Searching for Sources of Unpleasant Odors in Men's Restrooms in Railway Stations and Verifying the Effectiveness of Countermeasures to Reduce Them

Takashi KYOTANI Tamami KAWASAKI Akiko KAMEDA Tsuyoshi UEDA

Unpleasant odors in restrooms in railway stations and on trains are one of the many complaints from railway customers, so there is a need to reduce such odors. We are investigating the sources of ammonia, one of the main unpleasant odorous compounds in public restrooms, in men's restrooms in railway stations. For the investigation, we prototyped a portable, highly sensitive ammonia measuring instrument. We used this instrument to search for the sources of ammonia in men's restrooms in railway stations and confirmed the difference in concentration of ammonia depending on cleaning methods and seasons. In addition, we verified the effectiveness of countermeasures to reduce unpleasant odors implemented by cleaning companies.

キーワード：駅トイレ，臭気，高感度アンモニア測定機，発生源，不快臭対策

1. はじめに

鉄道利用者に対して、快適な駅空間や列車空間を提供することは、旅客サービスを向上させる観点から非常に重要である。中でも駅や車両のトイレにおける不快な臭気（不快臭）は、利用者から多くの意見が挙がる対象の一つである。筆者らは過去に、駅男子トイレの清掃品質に関する鉄道利用者の意識調査を実施した。その結果の分析により、駅トイレを「再度利用したい」と考える割合に影響を与える評価項目の一つに、「においの満足度」が含まれていることを明らかにした¹⁾。具体的には、「においの満足度」が向上すれば、駅トイレを「再度利用したい」と考える利用者の割合が上昇する傾向があることがわかった。このことから、駅や車両のトイレ内に存在する不快臭を低減することで、利用者に対して快適なトイレ空間を提供することができると考えている。

一方、鉄道事業者ではトイレ内の不快臭を低減し、空気環境を改善するための対策がとられている。清掃方式を、水を撒く「湿式」から水を撒かない「乾式」に変更するのもその対策の一つである（以降、清掃方式を湿式から乾式に変更することを「乾式化」と表記）。これは、トイレの不快臭成分の一つであるアンモニア（以降、「NH₃」と表記）の発生源の一つが、尿汚れを分解する細菌の作用による^{2) 3) 4)} ことから、水を使わないことによって、これらの細菌の繁殖を抑制する目的で行われている。実際に乾式化によって不快臭が低減されたとす

る報告もある^{5) 6)}。筆者らが実施した先述の意識調査の結果からも、乾式清掃方式の駅トイレの方が、湿式清掃方式の駅トイレに比べて、においに関する評価結果が有意に良好であったことが明らかとなっている¹⁾。

筆者らは、不快臭対策を実施すべき箇所を特定して清掃の効率を向上させることを目的に、駅男子トイレにおけるNH₃発生源を探索してきた。研究当初は、NH₃用検知管を用いていた（検知管法^{7) 8)}）が、検知管の検出下限値（200ppb）が人の検知閾値濃度（100ppb⁹⁾）よりも高いため（表1）、人がトイレ臭を感知したにもかかわらず、空間や床付近のNH₃濃度が不検出となるために、NH₃発生源を特定できないケースが多かった。人の検知閾値以下の濃度でも検知できるセンサが必要であったため、呼気中の微量のNH₃を検知し、様々な疾病の早期発見を目指して開発された呼気センサに使用されている、NH₃検知管に比べて約20倍感度の高いNH₃センサ素子^{10) 11)}に着目した（表1）。このNH₃センサ素子を搭載した可搬型の高感度NH₃測定機をメーカーと共同で試作した（2章参照¹²⁾）。

この高感度NH₃測定機を用いて、駅男子トイレ内におけるNH₃発生源の探索や濃度測定を行った。さらに、不快臭対策として日常清掃を乾式化した場合の適切な清掃周期（サイクル）や、鉄道事業者の委託を受けて清掃会社が実施している不快臭対策の効果の検証について検討を行った。本稿ではそれらの結果について報告する。

2. 高感度NH₃測定機

2.1 高感度NH₃測定機の概要

本研究で使用した高感度NH₃測定機のプロトタイプ

* 人間科学研究部 快適性工学研究室
** 東日本旅客鉄道株式会社
*** 新コスモス電機株式会社

表1 検知管法と高感度 NH₃ 測定機の NH₃ 検出下限値

検出方法	NH ₃ 検出下限値
検知管法	200 ppb
高感度NH ₃ 測定機	10 ppb

人の検知閾値濃度：100 ppb⁹⁾
(臭気強度1に相当)

(以降、「本測定機」と記す)を図1に示す。本測定機は、NH₃ センサと吸引ポンプ(吸引流速：2.6L/min)を内蔵した測定機本体、シリコンチューブ、三方弁、ステンレス製吸引管(内径6mm、長さ1m)とデータロガーからなる。三方弁の流路を切り替えることによって、測定機本体に吸引する空気を、試料空気または活性炭チューブを通して浄化した空気のいずれかを選択できるようになっている。試料空気を採取する際は、吸引管の先端を走査しながら、対象空気を連続吸引しセンサ応答を記録する。測定者はデータロガーの表示画面で、センサ応答の様子を確認することができる。

2.2 床面 NH₃ 発生源の探索と濃度測定方法

床面の NH₃ 発生源を探索する際は、吸引管先端を約5cm/secの速度で、男子トイレ内床面から約1cm程度離れた状態で、なぞるように走査しながら空気を連続的に採取した(図2)。探索の作業中、測定者はデータロガー画面上でセンサ応答を確認し、応答がピークを示した箇所を NH₃ 発生源として記録した。走査終了後に、NH₃ 発生源でのセンサ応答の値と事前に作成した検量線を基に NH₃ 濃度を算出した(図3)。

2.3 トイレ内空間の NH₃ 濃度測定方法

トイレ内空間の空気を試料として採取する際は、長さ15cmの吸引管(内径6mm)を、長さ1mの吸引管の代わりにシリコンチューブに接続し、床面から約150cmの高さの空気を、床面と同様に連続的に採取した。センサ応答の確認やピーク位置の記録、NH₃ 濃度の算出については、2.2節で述べた方法と同様である。

3. 駅男子トイレの不快臭調査

3.1 駅男子トイレ内 NH₃ の発生源探索

首都圏内のA駅、B駅の男子トイレを対象とし、本測定機を用いて、2.2節で述べた方法により、床面の NH₃ 発生源の探索を実施した。また、本調査は春と夏に実施し、試験結果の違いについても検討を行った。両駅男子トイレの床の清掃方式と床仕上げ、調査実施日について表2に示し、男子トイレの模式図を図4に示す。

本調査の結果、図4の赤枠で囲った範囲において、センサ応答のピークを複数確認したことから、同範囲に

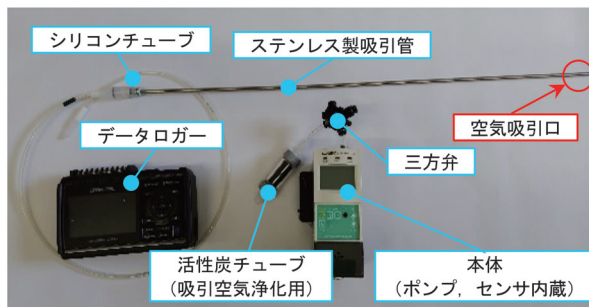


図1 高感度 NH₃ 測定機(プロトタイプ)



図2 高感度 NH₃ 測定機を用いた駅男子トイレでの測定

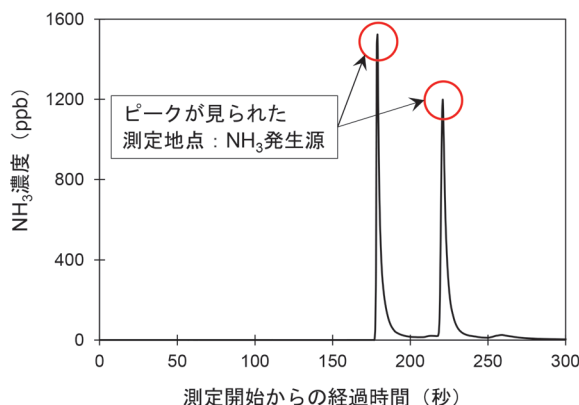


図3 本測定機による測定データ例

表2 床の清掃方式と床仕上げ、調査実施日

駅	A	B
床の清掃方式	乾式	湿式
床仕上げ	ゴムタイル	磁器タイル (目地使用)
調査実施日	(春) 2021年4月26, 27日 (夏) 7月20, 21日	

NH₃ 発生源が存在することがわかった。両駅で共通する発生源は、手摺付き小便器付近、洗面台下部の側溝であり、A駅においては、手摺が無い小便器手前に、B駅においては、小便器手前に設置された側溝にも NH₃ 発生源が存在することが明らかになった。

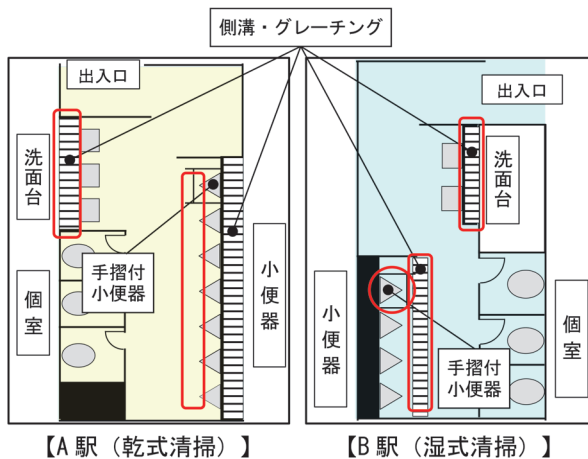


図4 A, B 駅男子トイレ床面の NH₃ 発生源 (赤枠：NH₃ 発生源位置)

3.2 清掃方式・季節による NH₃ 濃度の違い

A, B 駅において、3.1 節で特定した複数の発生源における NH₃ 濃度の平均値を求め、季節（春、夏）別に比較した結果を図5に示す。両駅ともに、夏の方が春に比べ、NH₃ 濃度が高い傾向が見られた。また、春と夏を問わず、湿式清掃方式の B 駅の方が、乾式清掃方式の A 駅に比べ、NH₃ 濃度が高い傾向が見られた。

図5では、縦軸に NH₃ 濃度の平均値を示しているが、複数の発生源の濃度が全てこの値であれば、検知管を用いて測定した場合、B 駅の夏を除いて不検出となる。また、A 駅では、春と夏を問わず、NH₃ の発生源を特定することはできないことがわかる。

3.1 節で述べた結果と上記のことから、本測定機を用いて、実際の駅トイレの床面付近の NH₃ を連続的に測定した結果、複数の NH₃ 発生源が存在し、測定箇所や測定時期によっては、検知管法では検出できず、人が検出できない程度の低濃度であることが明らかになった。

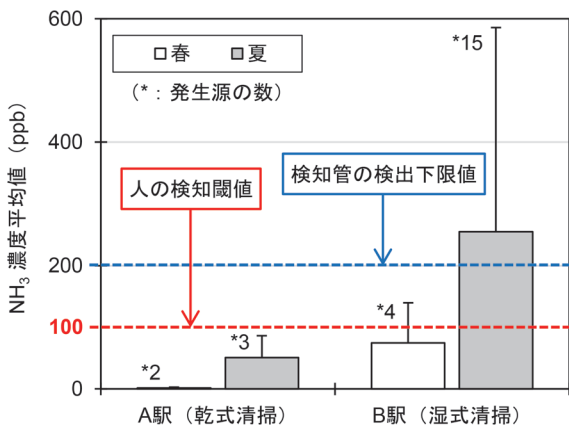


図5 A, B 駅男子トイレ床面の NH₃ 発生源の濃度平均値

4. 不快臭対策の効果検証

駅トイレの不快臭対策には大きく分けて、鉄道事業者が実施しているものと、鉄道事業者の委託を受けて清掃会社が実施しているものの2種類がある。鉄道事業者が実施している対策の一つとしては、小便器周辺で発生した不快臭が人の鼻の高さにまで上昇する前に、足元で排気する巾木換気（図6）が挙げられる。この対策は、駅トイレの設置・リニューアル時に、設計段階から検討が必要なものであり、実施するには大掛かりな工事が必要である。これに対して、鉄道事業者の委託を受けて清掃会社が実施している不快臭対策の例としては、湿式清掃を実施している駅トイレにおいて清掃時に水を撒かない乾式化や、側溝清掃が挙げられる。これらの対策は、清掃会社が清掃作業の中で実施するため、駅トイレの設置やリニューアル等を伴わない。

しかしながら、これらの不快臭対策の効果検証としては、これまでは人の嗅覚に頼らざるを得ず、不快臭がどの程度低減できたのか、客観的に評価することができなかった。

そこで、本測定機を用い、これらの不快臭対策の前後で NH₃ 濃度の変化を経時的に把握することにより、不快臭低減の効果を検証することとした。本稿では、清掃会社が実施している不快臭対策の効果検証を行った事例を2件紹介する。

4.1 湿式清掃方式の駅男子トイレの乾式化

1 件目の事例は、通常の床面清掃方式が湿式である男子トイレにて実施した、清掃方式の乾式化による不快臭対策効果の検証例である。検証対象とした C 駅男子トイレの模式図を図7に示す。床は磁器タイルと目地からなり、排水口が3箇所設置されている。なお、図6に示すような巾木換気口は設置されていない。

4.1.1 乾式化の方法と不快臭対策効果の検証方法

C 駅の清掃を鉄道事業者から受託している清掃会社にヒアリングを行った上で、床仕上げの変更などの設備の



図6 巾木換気口の例（図11と同じトイレ）

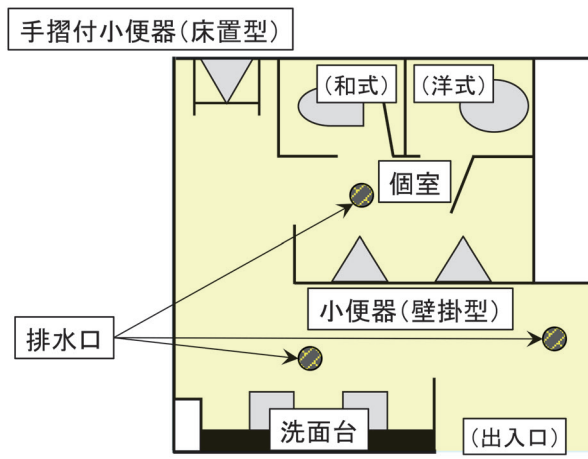


図7 C 駅男子トイレの模式図

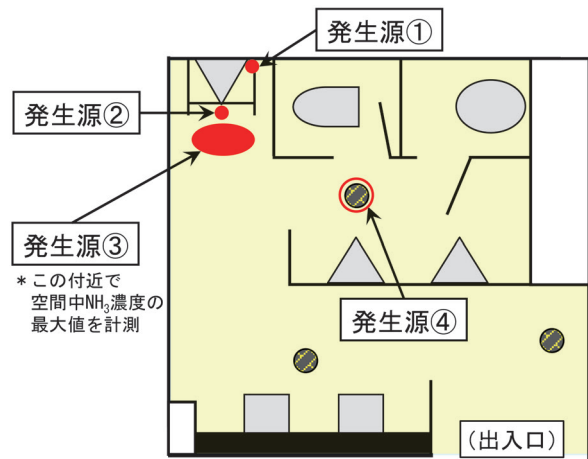


図8 C 駅男子トイレ内の NH₃ 発生源

表3 対策清掃の効果検証実施日時 (C 駅)

検証実施日	2022年7月19～21日
清掃作業	7月19日：通常清掃 20日：対策清掃① 21日：対策清掃②
検証時刻	10:00 (清掃前) 12:00 (清掃直後) 14:00 (同2時間後) 16:00 (同4時間後)

改造を行わずに、既存状態の中で効率的で効果的な清掃を実施するための検討を行った。その結果、以下の2つの対策清掃方式に絞り、それらの効果を通常の湿式清掃（以降、「通常清掃」と表記）と比較することとした。これらの対策清掃は、床に水を撒かないため、乾式清掃の一種とみなすことができる。検証実施期間は、2022年7月19-21日の3日間（表3）である。

対策清掃①：水を撒かずに乾いたモップで尿汚れ等を拭き取る。

対策清掃②：100倍に希釈した洗剤水をスプレーで散布した後にモップで拭き取る。

1日目の清掃作業前に、2.2節で述べた方法でNH₃発生源を特定した。清掃作業としては、1日目に通常清掃、2日目に対策清掃①、3日目に対策清掃②をほぼ同時時間帯（11:00-12:00）に実施し、清掃前後に加え、清掃から2時間後と4時間後に、特定済みのNH₃発生源とトイレ内空間のNH₃濃度を測定した（表3）。トイレ内空間のNH₃濃度については、2.3節で述べた通りに、床面からの高さ約150cmの空間全体を測定し、その最大値（以降、「空間中NH₃濃度」と表記）を測定値として、測定地点とともに記録した。

4.1.2 検証結果

検証の1日目に特定したNH₃発生源は、以下の4箇

所であった。各発生源の具体的な位置については図8に示すとおりである。

発生源①：手摺付の床置き小便器の右側奥と床との接地部

発生源②：同小便器の正面と床との接地部

発生源③：同小便器手前の床

発生源④：個室手前の排水口

なお、空間中NH₃濃度の最大値を計測した地点は、すべての検証時刻において、発生源③付近であった。

清掃によるNH₃濃度低減効果を比較した結果を図9に示し、以下、測定箇所毎に考察する。

まず、空間中NH₃濃度について考察する。図9(a)から、通常清掃では清掃4時間後に空間中NH₃濃度が清掃前と同等の約250ppbまで上昇したのに対し、対策清掃①②では清掃前は約250ppb、清掃4時間後は約50ppbとなった。また、図9(b)から、清掃によるNH₃濃度の低減率は、通常清掃に比べ、対策清掃①②の方が高いことがわかった。これらのことから、利用者の不快臭対策としては、対策清掃①②の方が通常清掃より効果的であると考えられた。

次に、4箇所のNH₃発生源について考察する。まず、発生源①②（図9(c)(d)）については、清掃前からの時間経過に伴って、濃度の大小関係が入れ替わるケースも見られたが、対策清掃①②の方が通常清掃に比べ、概してNH₃濃度が低い傾向が確認できた。発生源①②が存在する小便器と床との接地部には、モップが行き届きにくいために、汚れを除去しにくく、周囲の汚れをモップで押し込む可能性もある。このことが、NH₃濃度の経時変化において大小関係が入れ替わった原因の一つと考えられる。

一方、発生源③（図9(e)）については、いずれの清掃方法においても、清掃直後には濃度が減少したが、通常清掃においては、清掃から4時間後に濃度が上昇して、

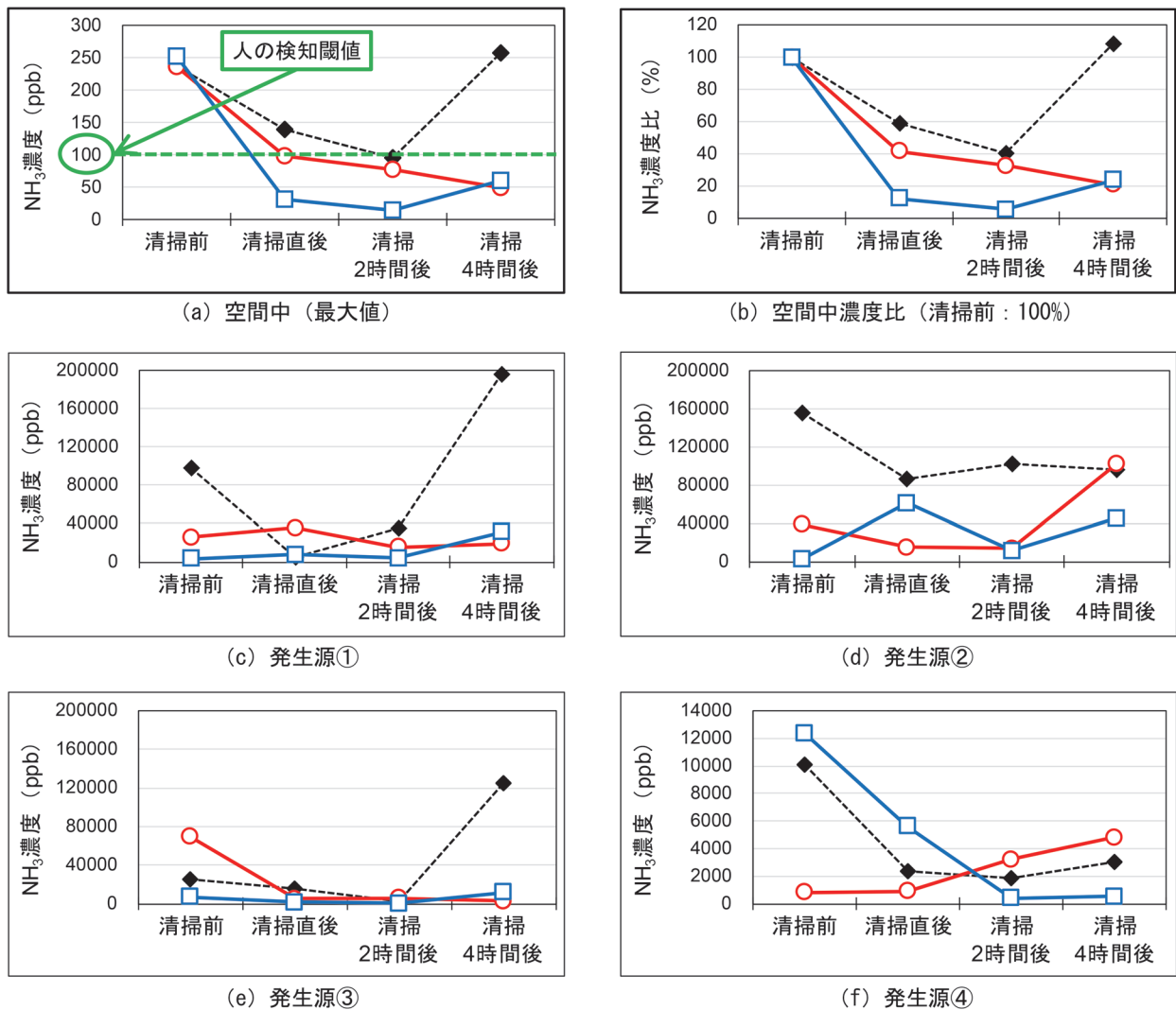


図9 対策清掃によるNH₃低減対策効果検証結果 (C 駅)

清掃前の濃度を上回った。発生源③は小便器手前の床に存在するため、4箇所の発生源の中で、新しい尿汚れが最も発生しやすいと考えられるが、通常清掃では、清掃後に水分が残りやすいため、NH₃産生菌を含む細菌が最も生育しやすい点が、清掃4時間後の濃度上昇の原因の一つと考えられる。

最後に、発生源④ (図9(f)) については、通常清掃と対策清掃⑥において、清掃直後に濃度が減少し、対策清掃④においては、清掃前後での濃度変化はほとんど見られなかった。清掃から4時間後には、対策清掃⑥において、NH₃濃度が最も小さい値となった。

なお、対策清掃⑥で用いた洗剤は、除菌剤を含んだ中性洗剤であるため、これを床面の発生源に散布することで、NH₃産生菌を含む細菌が殺菌され、NH₃が発生しにくい状況を構築していると考えられる。

以上の考察から、今回比較した3つの清掃方法 (通常清掃、対策清掃④、対策清掃⑥) の中で、100倍に希釈

した洗剤水を散布した後にモップで拭き取る対策清掃⑥が、不快臭対策の観点から考えるトイレメンテナンス方法として最も効果的である、と結論付けた。

4.1.3 日常清掃のサイクル

4.1.2項で得られた結果から、日常的に対策清掃⑥を行う場合に、どのようなサイクルで行うのが良いか、簡単な検討を行った。具体的には、4.1.1項~4.1.2項で述べた試験終了後、清掃会社が毎日通常清掃を実施している11:00~12:00の時間帯に、通常清掃に代えて対策清掃⑥を行うように、同じ清掃会社に依頼し、約3ヶ月後の10月27日から28日まで、図8に示すNH₃発生源③と空間中NH₃濃度を測定した。測定時刻は、10月27日の10:00 (清掃前) と12:00から16:00までの毎時00分 (清掃1~5時間後)、翌28日の10:00から16:00までの毎時00分 (清掃23~29時間後) とした (表4)。なお、10月27日の対策清掃⑥の実施後、本試験の終了まで、清掃を行わないように清掃会社に依頼した。

表4 日常清掃サイクル検証実施日時 (C 駅)

検討実施日	2022年10月27～28日
清掃作業	10月27日：対策清掃⑧ 28日：(実施せず)
測定時刻	①10月27日 10:30 (清掃前) 12:00から16:00まで1時間ごと (清掃1～5時間後) ②10月28日 10:00から16:00まで1時間ごと (清掃23～29時間後)

発生源③の NH₃ 濃度測定結果を図 10 に示す。なお、空間中 NH₃ 濃度は、測定した全時間帯にわたって検出下限値 (10ppb) 未満であった。1 日目に実施した対策清掃⑧ (図 10 中に赤字で追記) によって、発生源③の NH₃ 濃度が減少し、それ以降、清掃当日中は 100ppb 前後で推移していたが、清掃から 23 時間後には、濃度が急速に上昇し、清掃から 25 時間後 (12:00 頃) に最大となった。今回の検証結果では、空間中の NH₃ 濃度は検出下限値未満であったが、利用状況や気温等の影響により、空間中にも人の嗅覚閾値を上回る NH₃ が拡散し、利用者に不快な思いをさせてしまう可能性がある。このことから、今回の検証結果をもとに日常清掃のサイクルを検討した場合、これまで通り、毎日 11:00 頃 (24 時間毎) に清掃を開始すればよいと考えた。ただし、同じ C 駅であっても、日によっては利用状況が変化し、今回と同様の結論が得られない可能性がある。さらに、異なる駅の男子トイレでは、C 駅とは利用者人数の時間推移が異なるなどの理由により、日常清掃に適した時間帯や清掃サイクルが異なることも考えられる。今後もこのような検討を何度か実施し、清掃サイクルを適宜見直すことによって、トイレメンテナンス作業のさらなる効率化・合理化につなげることができると考えている。



図 11 D 駅男子トイレ (発生源①②はともに側溝内)

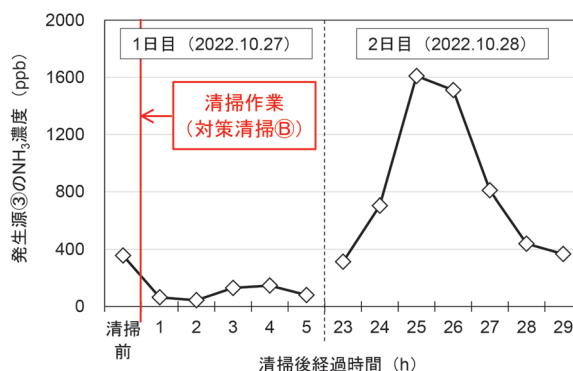


図 10 対策清掃⑧の実施サイクルに関する検討 (C 駅)

4.2 湿式清掃方式の駅男子トイレの側溝清掃

2 件目の事例は、C 駅と同様に、通常の床面清掃方式が湿式である男子トイレにて実施している、側溝清掃による不快臭低減効果の検証例である。検証対象とした D 駅トイレ (図 11) の床は磁器タイルと目地からなり、側溝やグレーチングが設置され、側溝清掃を週 2 回実施している。

後述の 4.2.1 項以降にも記載のとおり、発生源探索の結果、側溝付近に発生源が存在することが明らかになった。このことから、側溝清掃も不快臭対策としての効果が高い可能性が考えられた。

4.2.1 検証方法

本測定機を用い、駅男子トイレ内床面の NH₃ 発生源の探索とその濃度を測定した。具体的には、あらかじめ NH₃ 発生源を本測定機で特定した後、側溝も含めた日常清掃を実施した。NH₃ 濃度の測定は、C 駅 (4.1 節) と同様に、清掃前後に加え、清掃から 2 時間後と 4 時間後に、特定済みの NH₃ 発生源とトイレ内空間に対して実施した。トイレ内空間の NH₃ 濃度の測定、記録方法等も C 駅と同様である。検証実施日は、2022 年 11 月 25 日である。

4.2.2 検証結果

NH₃ 発生源を探索した結果、手摺付小便器奥壁設置両側の側溝付近に NH₃ 発生源が存在することが明らかになった (図 11 中①②)。また、いずれの測定時においても、空間中 NH₃ 濃度の最大値を計測した地点は発生源①②付近であった。

清掃による NH₃ 濃度低減効果を比較した結果を図 12 に示す。発生源①②の清掃前の NH₃ 濃度は 10000ppb であったが、清掃直後には約 200~1100ppb に低下した。また、清掃 2 時間後には、発生源②の NH₃ 濃度が 5000ppb 程度に上昇したが、4 時間後には再び低下した。清掃 2 時間後に NH₃ 濃度が再上昇した理由としては、清掃後の利用者の小用により、新たな NH₃ 発生源が発生したためと考えられる。

一方、空間中 NH₃ 濃度 (最大値) については、清掃

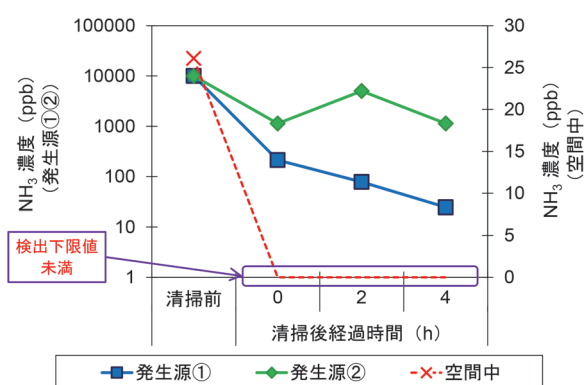


図 12 D 駅男子トイレ床面の NH₃ 発生源と空間中の NH₃ の濃度変化

前は 26ppb であったが、清掃直後には検出下限値未満に低下し、以降、清掃 4 時間後まで検出下限値未満のままであった。これらのことから、側溝清掃後の利用者の小用等により、新たな NH₃ 発生源が一時的に発生したとしても、それがトイレ空間内の NH₃ 濃度にはあまり影響しないことが示唆された。以上のことから、4.1 節で紹介した乾式化と同様、側溝清掃も駅トイレ内の不快臭対策として有効であると考えられることができる。

5. まとめ

NH₃ 用検知管に比べ約 20 倍感度の高い NH₃ センサ素子を搭載した可搬型の高感度 NH₃ 測定機を試作し、駅男子トイレ内の NH₃ 発生源の探索、濃度測定を行い、測定時期による濃度変化や、不快臭対策の効果検証を行った。結果を以下に示す。

- 1) 乾式清掃方式の A 駅と湿式清掃方式の B 駅において、床面の NH₃ 発生源を探索し、春と夏の間で、各発生源の濃度の違いを調べた。その結果、両駅ともに、夏の方が春に比べて NH₃ 濃度が高い傾向が見られた。また、春と夏を問わず、湿式清掃方式の B 駅の方が、乾式清掃方式の A 駅に比べて NH₃ 濃度が高い傾向が見られた。
- 2) 駅トイレ内の不快臭対策の一環として、湿式清掃方式の駅トイレの乾式化（対策清掃）の方法を検討し、その効果を検証した。その結果、100 倍に希釈した洗剤水を散布した後にモップで拭き取る対策清掃が、不快臭対策の観点から考えるトイレメンテナンス方法として効果的であることがわかった。
- 3) 側溝とグレーチングが設置されている駅トイレにおいて、NH₃ 発生源を探索したところ、側溝付近に発生源が存在することが明らかとなった。このことから、側溝清掃による不快臭対策の効果を検証し、その有効性を確認した。

今回、駅男子トイレ内において、本測定機を用いて NH₃ 濃度を測定した。その結果、複数の NH₃ 発生源を特定した。また、測定箇所や測定時期によっては、NH₃ 検知管の検出下限値や、人の検知閾値よりも低い程度の NH₃ 濃度であった。また、異なる 2 つの方法で実施された不快臭対策の効果検証も、NH₃ 濃度という客観的なデータを基に実施し、それらが有効であることを確認した。

人口が減少の一途をたどる我が国において、鉄道事業を始めとした様々な業種において、各種設備の清掃や維持管理をはじめとした諸々の業務の省力化や省人化は、避けることができない重要な課題であると考えられる。筆者らも、清掃業者や鉄道事業者等が、本測定機をより簡単かつ手軽に使えるように改良して、清掃業者や鉄道事業者が行う不快臭対策がより効果的になり、その結果として、駅や車両を始めとした様々な公共トイレをより快適な空間にすることに貢献したいと考えている。

本研究は、新コスモス電機（株）との共同研究により実施した。

文献

- 1) 京谷隆, 池田佳樹, 大石洋之, 川崎たまみ: 駅男子トイレの清掃品質に関する鉄道利用者の意識調査, 鉄道総研報告, Vol.38, No.6, pp.23-30, 2024
- 2) 川崎たまみ, 京谷隆, 潮木知良, 早川敏雄, 亀田暁子, 坂本圭司: 駅トイレの臭気対策に関する研究 (その 2) — 駅トイレ床における細菌量とアンモニア濃度の関係 —, 室内環境学会学術大会, pp.60-61, 2012
- 3) Kawasaki, T., Yoshie, S., Kyotani, T. and Ushioji, T.: Comparison of Microbiomes on Floors of Men's Restrooms, before and after Cleaning with Different Cleaning Methods at Two Railway Stations, Japan Architectural Review, Vol.5, No.4, pp.633-643, 2022.
- 4) Kawasaki, T., Kyotani, T., Ushioji, T. and Yoshie, S.: Quantitative and Qualitative Research of Surface Bacteria on the Floor of Station Restrooms with Two Types of Cleaning Method, Quarterly Report of RTRI, Vol.62, No.4, pp.281-286, 2021.
- 5) 池田佳樹, 坂本圭司, 笹澤正善, 池辺健志, 中尾清孝, 李憲俊, 李新一, 森明年, 遠藤勝久, 角田貴介: 駅トイレの清掃方式乾式化に資する基礎研究: その 1, 研究概要と清掃方法についての実験室実験による検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp.591-592, 2015
- 6) 池辺健志, 坂本圭司, 笹澤正善, 池田佳樹, 中尾清孝, 李憲俊, 李新一, 森明年, 遠藤勝久, 角田貴介: 駅トイレの清掃方式乾式化に資する基礎研究: その 2, フィールド試験による臭気と生菌数評価, 日本建築学会大会学術講演梗

- 概集, 環境工学 I, pp.591-592, 2015
- 7) 日本工業規格, JIS K 0804, 検知管式ガス測定器
 - 8) 環境省: 悪臭物質簡易測定マニュアルに基づく簡易測定法の活用について, 環大特 58 号, 1990
 - 9) におい・かおり環境協会編: ハンドブック 悪臭防止法 六訂版, ぎょうせい, 2012
 - 10) 富士通プレスリリース, 息に含まれる成分を素早く測定できる呼気センサーデバイスの開発に成功: <https://pr.fujitsu.com/jp/news/2016/04/18.html> (参照日: 2024 年 8 月 6 日)
 - 11) 壺井修, 百瀬悟, 高須良三: 呼気中のアンモニア成分だけを選択できる携帯型呼気センサー, FUJITSU, Vol.68, No.1, pp.59-64, 2017
 - 12) 京谷隆, 川崎たまみ, 吉江幸子, 丑込道雄, 壺井修: 公共トイレでの臭気源探索に対する可搬型高感度アンモニアセンサの適用, 室内環境, Vol.21, No.3, pp.189-197, 2018